

Photo Le Ray.

*Tournahauler C Letourneau Westinghouse.  
Pneus se rapprochant du type « tug » sur le Tournapull. Pneus pour roues portantes sur la remorque.*

# LES PNEUS DE GÉNIE CIVIL

DIVISION DES EXPLOITATIONS  
C. T. F. T.

## SUMMARY

### EARTHMOVING TYRES

*Hereafter will be found some general information on earthmoving tyres. The following questions are discussed :*

— Selection of a tyre in terms of its tread design, its body (ply rating), and size (over all width and rim diameter).

— Inflation. The durability of tyres and behaviour of vehicles in varying terrain largely depend on how the tyres are inflated.

*A few practical notes are given on pressure control.*

— Maintenance and storage of tyres. This paragraph contains practical advice on the control of air leaks, recaps and storage of tyres.

— Conditions of utilisation of tyres. The influence of speed, distance, and load on the life of tyres is discussed.

— Life of tyres. This paragraph describes a simple method, based on the use of coefficients, for calculating the life to be expected from tyres in terms of conditions of utilization.

## NEUMÁTICOS PARA INGENIERÍA CIVIL

*En este artículo podrá encontrar el lector cierto número de indicaciones generales respecto a los neumáticos utilizados en ingeniería civil. Se han examinado los puntos siguientes :*

- 1º Adopción de un neumático en relación con el diseño de su banda de rodadura, de su constitución interna (ply rating) y de su dimensión (definidas por la anchura total de la cubierta y el diámetro de la llanta).
- 2º El hinchado. La forma en que se realiza el hinchado puede hacer variar enormemente el comportamiento de los neumáticos y de la maquinaria en terreno variado. También figuran algunas indicaciones prácticas respecto al control de la presión.
- 3º Entretien y conservación de los neumáticos. En este capítulo figuran algunos consejos prácticos sobre el control de los escapes de aire, el recanchulado de los neumáticos y su almacenamiento.
- 4º Condiciones de empleo de los neumáticos. En este capítulo se trata de la influencia, respecto a la duración de los neumáticos, de la velocidad de la maquinaria, de su distancia de transporte y de su carga.
- 5º Compartamiento de los neumáticos. En este capítulo el lector podrá encontrar un método sencillo, que se funda en la utilización de coeficientes, que permite el cálculo de la duración que puede esperarse de los neumáticos en relación con sus condiciones de trabajo.

Sur les chantiers de Travaux Publics, l'emploi des pneus s'accroît de jour en jour et empiète sur le domaine qu'on croyait jusqu'ici réservé à la chenille. En exploitation forestière, le pneu géant est déjà utilisé depuis une dizaine d'années sur les arches de débardage tractées derrière chenillards et sur les engins lourds de transports grumiers comme les Tournahauter ou les DW.15. Pour le débardage apparaissent plusieurs modèles d'engins sur pneus.

Le choix d'un type de pneu pour un matériel, son

emploi et son entretien peuvent être une source de questions auxquelles un utilisateur éventuel a des difficultés à répondre. On trouvera ci-dessous un certain nombre de données d'usage courant dont la plupart sont extraites des publications Letourneau Westinghouse et des documentations Michelin. Nous examinerons successivement :

- le choix des pneus et leur action sur le sol.
- le gonflage des pneus, leur entretien, leur condition d'emploi et leur tenue à l'usage.

### I. — CHOIX D'UN PNEU

L'économie d'emploi d'un pneu doit commencer avant son achat et quelquefois même avant l'achat du matériel sur lequel il doit être monté. Les conseils du distributeur local permettent d'orienter au mieux le choix de l'utilisateur. Mais lorsque celui-ci désire se faire une opinion par lui-même, les éléments qui doivent guider ses investigations sont assez simples : un pneu est caractérisé par trois éléments : le dessin de sa bande de roulement, ses dimensions et sa constitution interne.

#### A) Choix d'après la bande de roulement

On peut distinguer quatre catégories principales :

— **Le type « Roc »** : correspond au pneu le plus robuste, avec une bande de roulement destinée à résister aux chocs et aux coupures. Le dessin du pneu est constitué par des chevrons.

— **Le type « Grader »** (ou « Earthmover »), selon

l'appellation française la plus courante. Les sculptures du pneu sont constituées de barres transversales formant de gros reliefs destinés à donner le maximum d'adhérence. Ces pneus conviennent particulièrement aux roues motrices, mais comme ils coûtent à peine plus cher que les pneus de la catégorie suivante on les monte aussi, dans un but de standardisation, sur les roues simplement porteuses d'un même engin.

— **Le type roue porteuse** : est destiné à équiper des roues non motrices auxquelles il faut donner la meilleure « flotation » possible. Ces pneus doivent bien se nettoyer dans la boue et s'opposer au dérapage. Leur dessin est constitué de losanges ou simplement de rainures longitudinales sur un pneu lisse.

— **Le type combiné** que nous appelons chez nous « dumper », « forestier » ou « lug », est destiné aux engins qui circulent sur pistes sommaires avec des incursions en terrain varié. Il possède en général une nervure centrale.

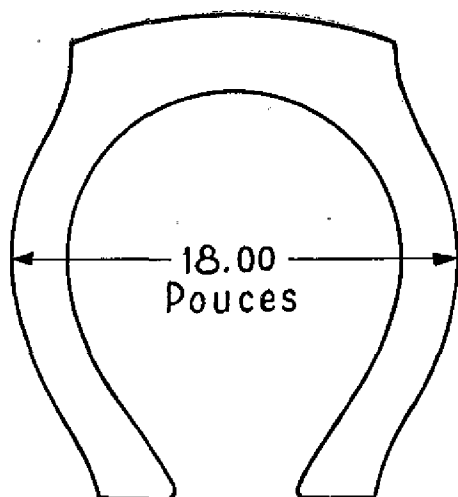


FIG. 1.

Chaque constructeur ne propose pas toutes les dimensions de pneus dans chacune de ces 4 catégories, car il recherche la standardisation de ses fabrications. Lorsqu'un seul type est proposé, il correspond souvent à un usage général. Il y a toutefois exception si une dimension donnée équipe des roues, qui, en pratique, ont toujours un emploi spécialisé; certaines dimensions n'équipent ainsi que des roues porteuses.

#### B) Choix du pneu d'après ses dimensions et sa constitution

C'est à chaque constructeur d'engin de définir les pneus qu'il propose pour équiper son matériel en fonction des caractéristiques qu'il lui donne et tout spécialement de la charge utile prévue.

Trois données importent particulièrement dans le choix du pneu :

- La largeur de l'enveloppe prise hors tout à son point le plus large; cette largeur approximative est exprimée en pouces.

- Le diamètre de la jante ou distance de talon à talon exprimé en pouces.

Ainsi un pneu s'appellera « mille huit cents par vingt cinq » (18.00 x 25) si on prend les dimensions indiquées sur les figures 1 et 2 (1).

- Le nombre de nappes ou plis de la carcasse. On sait que les toiles qui constituent l'armature du pneu sont réparties en nappes ou plis. Le nombre de plis est une indication de la capacité de charge d'une enveloppe. Depuis plusieurs années les fabricants ont trouvé le moyen d'accroître la solidité de chaque pli, de sorte que la résistance d'un pneu n'est plus exprimée par le nombre réel de plis mais par le nombre de plis en fil de coton qu'il faudrait pour obtenir une solidité comparable.

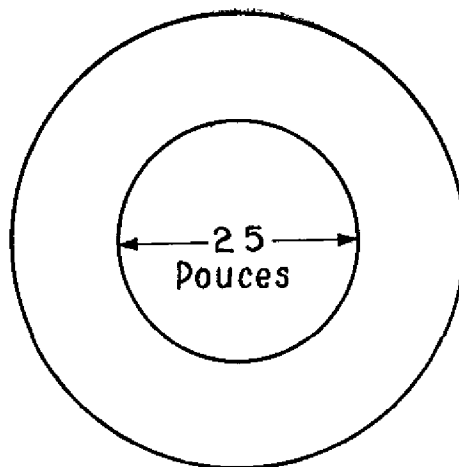


FIG. 2.

Ainsi un pneu possédant 13 plis réels peut avoir la solidité d'un pneu de 16 plis anciens; il est dit de PR 16 (Ply rating 16).

Les pneus de génie civil sont presque toujours disponibles en plusieurs « Ply rating » (PR). Ainsi les pneus de dimension 24.00 x 29 existent en 24, 30 et 36 plis. Plus le PR est élevé, plus grande est la charge que peut supporter le pneu. Ainsi pour le 24.00 x 29 :

PR	Gonflage maxi recommandé	Charge maxi correspondante recommandée, par pneu.
24	3,2 kg/cm <sup>2</sup> (2)	10.450 kg
30	3,9 kg/cm <sup>2</sup>	11.750 kg
36	4,6 kg/cm <sup>2</sup>	12.950 kg

Un engin équipé de 4 pneus de ce type peut avoir un poids total de :

41.800 kg avec des PR 24

47.000 kg avec des PR 30, soit 5. 200 kg de plus

51.800 kg avec des PR 36, soit 10.000 kg de plus

#### C) Les pneus « larges »

Depuis quelques années, le développement des pneus « larges » a amené quelques confusions dans la définition des caractéristiques de dimension des pneus. Comme leur nom l'indique, les pneus « larges » sont, à diamètre hors tout identique, plus larges

(1) Il s'agit de mesures anglaises. La virgule est remplacée, dans l'écriture, par un point. On écrit : 18.00 et non 18,00 pour exprimer une longueur de 18 pouces.

(2) La correspondance avec les mesures anglaises ou américaines est la suivante : 1 kg/cm<sup>2</sup> = 14,2 livres/pouce carré ou 1 livre/pouce carré = 0,07 kg/cm<sup>2</sup>.

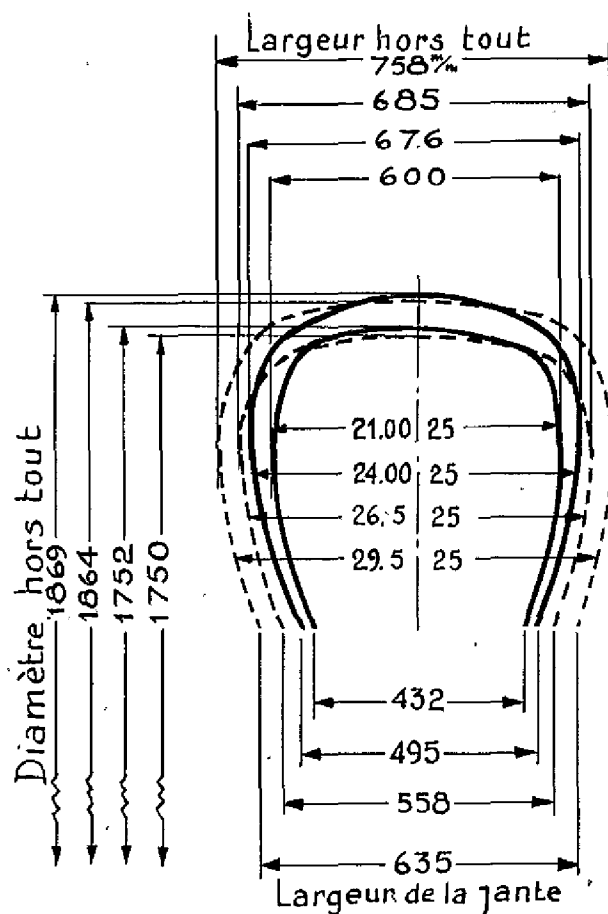


FIG. 3. — Comparaison des pneus « normaux » 21.00 × 25 et 24.00 × 25 avec les pneus « larges » correspondants 26,5 × 25 et 29,5 × 25.

que les pneus courants. En d'autres termes, si l'on observe leur section au-dessus de la jante, la hauteur est inchangée, mais la largeur est plus grande. Les chiffres qui définissent ces pneus n'expriment plus exactement les mêmes données que pour les pneus « normaux ».

On sait par exemple, pour des pneus normaux, qu'un 24.00 × 25 est plus gros qu'un 21.00 × 25. Selon la même logique, on sera tenté de penser qu'un pneu « large » 23.5 × 25 est plus gros qu'un 21.00 × 25 mais plus petit qu'un 24.00 × 25 ; en réalité, le pneu « large » a à peu près la même largeur hors tout que le 21.00 × 25 (soit 610 mm pour le 23.5 et 585 mm pour le 21.00), et le même diamètre hors tout que le 18.00 × 25 (1.600 mm). La définition du pneu large est une cote mal taillée combinant approximativement le diamètre de la dimension inférieure à la largeur de la dimension supérieure. Un pneu 23.5 × 25 a des dimensions apparentées à la fois à celles du 18.00 × 25 et à celles du 21.00 × 25.

Quel est l'intérêt de cette combinaison ? Elle permet le montage d'un pneu plus gros sans entraîner une modification des cotes d'encombrement de l'engin. Ainsi sur le Tournatractor L. W, les pneus 21.00 × 25 ont paru insuffisants pour certains usages. On leur a substitué des 26.5 × 25 du type « large » alors que la dimension normale supérieure, le 24.00 × 25 n'aurait pu être montée, faute d'un écartement suffisant entre les roues.

Avec les pneus larges, un même engin peut fonctionner avec un gonflage à une pression plus faible, ou inversement, supporter une charge accrue en conservant la même pression au sol. Mais il ne faut pas croire que le pneu « large » doit toujours

TABLEAU I. — PNEUS LES PLUS COURAMMENT UTILISÉS EN GÉNIE CIVIL (CERTAINS CHIFFRES NE CORRESPONDENT PAS EXACTEMENT A CEUX DE LA FIGURE 3, LA DIMENSION D'UN PNEU NE PEUT EN EFFET ETRE DONNÉE AVEC UNE GRANDE PRÉCISION).

Dimensions des pneus	Nombre de plis	Largeur du boudin (m/m)	Diamètre hors tout m/m	Charge max. à 48 km/h (kg)	Pression max. (kg/cm <sup>2</sup> )
18.00-25 .....	12	480	1.575	4.850	2,1
18.00-25 .....	16	480	1.575	5.700	2,8
18.00-25 .....	20	508	1.610	6.500	3,5
23. 5-25 .....	12	610	1.615	5.080	1,75
23. 5-25 .....	16	610	1.615	6.200	2,45
21.00-25 .....	16	585	1.750	6.200	2,1
21.00-25 .....	20	585	1.750	7.300	2,8
26. 5-25 .....	14	693	1.740	6.300	1,75
26. 5-25 .....	20	690	1.750	7.700	2,45
26. 5-25 .....	26	690	1.750	9.500	3,5
24.00-25 .....	18	650	1.870	8.350	2,45
24.00-25 .....	24	650	1.870	9.700	3,15
24.00-25 .....	24	630	1.930	10.400	3,15
29. 5-25 .....	22	760	1.860	9.500	2,45
29. 5-29 .....	22	765	1.980	10.300	2,45
29. 5-29 .....	28	765	1.980	11.900	3,15
27.00-33 .....	24	745	2.250	13.550	2,80
27.00-33 .....	30	745	2.250	15.400	3,50
33. 5-33 .....	32	870	2.250	16.550	3,15
30.00-33 .....	40	840	2.400	18.900	3,50

remplacer le pneu de dimension supérieure. Plus un pneu a un grand diamètre, mieux il roule et plus grande est sa charge de service. En choisissant un pneu de plus grand diamètre, on peut aussi lui imposer une charge identique en le gonflant à une pression plus basse parce que sa surface d'appui au sol est encore plus grande.

Puisque la plupart des engins sont disponibles avec plusieurs types de jantes, on a intérêt à choisir le pneu qu'on désire au moment de l'ordre de commande de façon à obtenir du constructeur la jante qui convient.

#### D) Action des pneus sur le sol

Au premier examen, le comportement d'un pneu sur le sol paraît lié directement à la charge qu'il subit. En réalité la pression qu'exerce un pneu sur le sol est toujours en relation étroite avec la pression de gonflage et légèrement supérieure à celle-ci. C'est ainsi qu'on peut écrire la relation :  $P = p + r$  dans laquelle :

$P$  = pression du pneu sur le sol

$p$  = pression de gonflage

$r$  = pression de raideur ou effet du à la raideur du pneu.

Le sol peut subir de ce fait une pression au plus supérieure de 10 % à la pression de l'air enfermé dans le pneu. Sur un sol solide, l'aire d'empreinte du pneu, a une forme elliptique et dépend de la charge imposée au pneu. On peut écrire la relation :

$$A = \frac{Q}{p + r}$$

$A$  = aire d'empreinte

$Q$  = charge imposée au pneu.

Lorsque le sol est mou, il ne peut dans certains cas opposer au pneu qu'une résistance  $p'$  inférieure à  $p$  et indépendante de la pression de gonflage et des dimensions du pneu. Dans ce cas l'aire de contact pneu - sol est supérieure à  $A$  et telle que

$$A' = \frac{Q}{p'}$$

En I (fig. 4) un pneu de diamètre réduit s'enfonce d'une hauteur  $h_1$  jusqu'à obtenir avec le sol la surface de contact  $A'$ . Lors des déplacements, tout se passe alors comme si la roue devait gravir en permanence une pente faisant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale : la résistance au roulement est très élevée.

En II, un pneu de grand diamètre ne s'enfonce que de  $h_2$  (avec  $h_2 < h_1$ ) pour réaliser une aire de contact identique  $A'$  correspondante à une charge identique. Tout se passe alors comme si l'angle de la pente à gravir n'était que  $\beta$  (avec  $\beta < \alpha$ ) la résistance au roulement est ici plus faible.

On comprendra aisément que le comportement d'un pneu est alors d'autant meilleur que ses dimensions sont plus grandes.

Au lieu de considérer le comportement d'un pneu, pris isolément, on peut chercher à comparer, à priori, les capacités d'évolution relatives de plusieurs matériels en terrain mou.

Appelons pour chaque engin :

$N$  son nombre de roues

$L$  la largeur du boudin des pneus (exprimée en cm)

$D$  le diamètre hors tout des pneus (en cm)

$W$  son poids à vide (en kg)

L'aire de l'empreinte que chaque pneu est susceptible d'avoir au contact avec le sol dans des

FIG. 4.

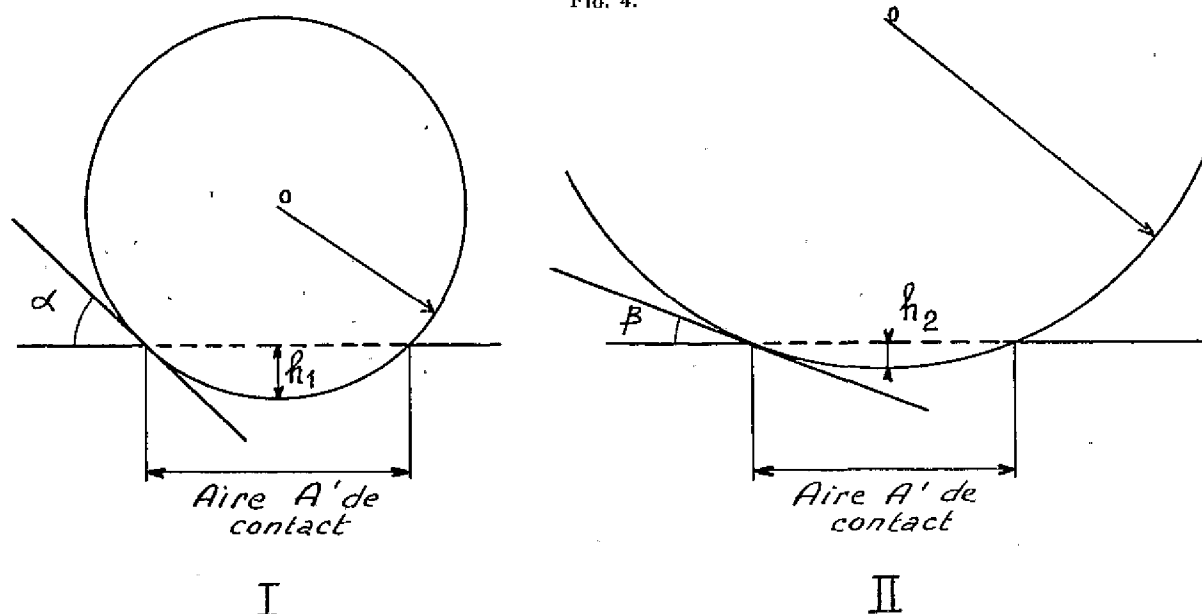




Photo Tuffier.

*Sculpture Grader.*



Photo Lepitre.

*Sculpture type « combiné » ou « lug ».*

conditions d'enfoncement « normales » est proportionnelle à la largeur de la bande de roulement c'est-à-dire à la largeur de l'enveloppe  $L$ . Elle est aussi proportionnelle au diamètre de la roue donc à  $D$  au moins pour des types de pneus peu différents. Pour un engin, roulant sur  $N$  roues, nous pouvons considérer que le produit  $N \times L \times D$  est proportionnel à la surface d'appui de l'ensemble de cet engin sur le sol.

Le quotient  $\frac{N \times L \times D}{W}$  est donc inversement

proportionnel à la pression au sol, toujours dans ces conditions « normales » ; on peut admettre qu'il caractérise ce que les Américains appellent la « flotation » de la machine. Ce quotient peut ainsi permettre de comparer, pour plusieurs engins, les possibilités de manœuvre en terrain difficile : un engin à quotient élevé se comportera bien partout, car la pression de gonflage de ses pneus pourra être faible, c'est-à-dire adaptée à de mauvais terrains : terrains boueux ou sable roulant.

Nous avons supposé que, d'un engin à l'autre, les roues ont des fonctions identiques : par exemple toutes roues motrices et équipées de pneus de même

dimension ; nous avons choisi pour  $W$  le poids de l'engin à vide parce que c'est la seule valeur qu'on puisse se fixer avec quelque exactitude. Nous admettons aussi que les répartitions des charges entre essieux se font dans des proportions peu différentes quand on passe d'un engin à l'autre.

A titre d'exemple un tracteur comme l'Agrif 75 ch équipé de 4 pneus  $12.00 \times 24$  Dumper (boudin large de 30 cm et diamètre hors tout de 120 cm) et pesant 4 000 kg a un quotient de 3,6.

Une arche électrique RG Letourneau équipée de 4 pneus  $30 \times 33$  (boudin de 80 cm environ et diamètre hors tout de 185 cm) et pesant 25 000 kg a un quotient de 2,4.

Le calcul montre donc que le tracteur léger peut passer à des endroits où l'engin lourd ne pourrait évoluer. L'expérience confirme cette conclusion. L'engin le plus léger a des pneus gonflés à des pressions sensiblement plus basses que le tracteur lourd. En d'autres termes, le gros engin, bien qu'équipé de pneus énormes, pèse un poids tel que sa « flotation » ne peut atteindre celle du petit tracteur. Il lui faudrait pour cela des pneus plus gros encore.

## II. — GONFLAGE DES PNEUS DE GÉNIE CIVIL

### — Surgonflage ou sous-gonflage ?

Les caractéristiques d'un pneu varient largement avec sa pression de gonflage ; aussi est-il normal, à partir des pressions standard, recommandées par

le fabricant, de se livrer à une expérimentation sur chaque chantier. Ces essais ne doivent pas dépasser certaines limites car un travail à pression beaucoup trop basse ou trop élevée risque de détériorer très rapidement les pneus.

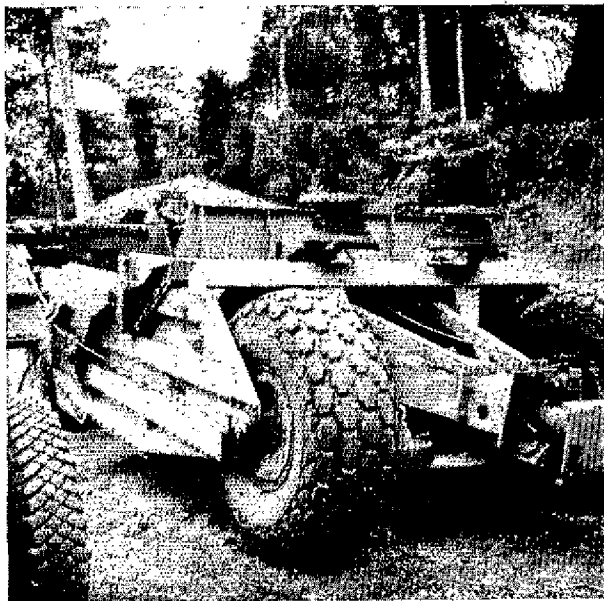


Photo Tuffier.

*Pneus pour roues porteuses.*



Photo Tuffier.

*Sculpture « Grader ».*

— Dans quels cas y a-t-il intérêt à sous-gonfler ?

En cas de doute, il est toujours préférable de sous-gonfler légèrement. Des pneus sous-gonflés sont plus souples, donnent une meilleure adhérence et se nettoient plus facilement d'eux-mêmes en terrain boueux. Un excès de pression distend la gomme et favorise son craquellement ; un pneu trop gonflé présente au sol une bande de roulement bombée au lieu de la forme plate normale qui assure la meilleure adhérence et répartit la charge à supporter sur une surface plus grande. Lorsque la trace d'un pneu sur le sol n'est pas plate, mais déprimée vers le milieu, elle indique un excès de gonflage. Pour la machine comme pour son conducteur, le roulage sur des pneus trop durs est anormalement pénible et fatigant.

— Quand doit-on penser à surgonfler ?

En sens opposé, un sous-gonflage exagéré entraîne une trop grande flexibilité du pneu qui est à l'origine de frictions internes excessives, génératrices de chaleur : la température atteinte par le pneu peut dépasser le point d'ébullition de l'eau. Une température excessive abîme la gomme.

En règle générale, si la piste sur laquelle doit circuler un engin est dure, bien entretenue, et que la distance de déplacement est grande, le pneu doit être dur, c'est-à-dire légèrement surgonflé : il permet ainsi la meilleure vitesse. A l'inverse en terrain mou où on recherche le maximum d'adhérence et de surface portante sur le sol, un léger sous-gonflage donnera les meilleurs résultats.

— Importance de la vitesse et de la charge.

Dans tous les problèmes de gonflage, il faut prendre en considération l'influence réciproque de la vitesse et de la charge. Plus la quantité d'air qui se trouve dans les pneus est élevée, plus la charge que peut supporter le pneu est importante. Par conséquent, lorsqu'on veut abaisser la pression de gonflage pour augmenter l'adhérence, il faut aussi diminuer la charge utile. De la même façon, plus la vitesse de travail est grande plus le gonflage doit être poussé au moins dans les limites prévues par le fabricant du pneu.

— Le contrôle de la pression des pneus.

Ce contrôle doit faire partie de l'entretien quotidien ; il ne peut jamais se borner à un simple coup de pied donné dans l'enveloppe mais requiert l'utilisation d'un contrôleur de pression. Pour pallier aux déficiences possibles de la mémoire des mécaniciens il est commode de noter à la peinture sur la roue ou sur la jante, la pression optimum des pneus à chaud et à froid.

Mais noter cette pression de gonflage à chaud et à froid ne suffit pas. La pression devrait être mesurée à un moment bien déterminé de la journée. En effet, la température d'un pneu change souvent, soit que la température atmosphérique varie, soit que l'insolation change, soit que les frictions internes dans le pneu varient d'intensité ; il peut en résulter rapidement quelques centaines de grammes de différence dans la pression d'un gros pneu de génie civil.

Si un pneu est trop chaud, il est toujours néfaste de le dégonfler dans le but de diminuer sa pression.

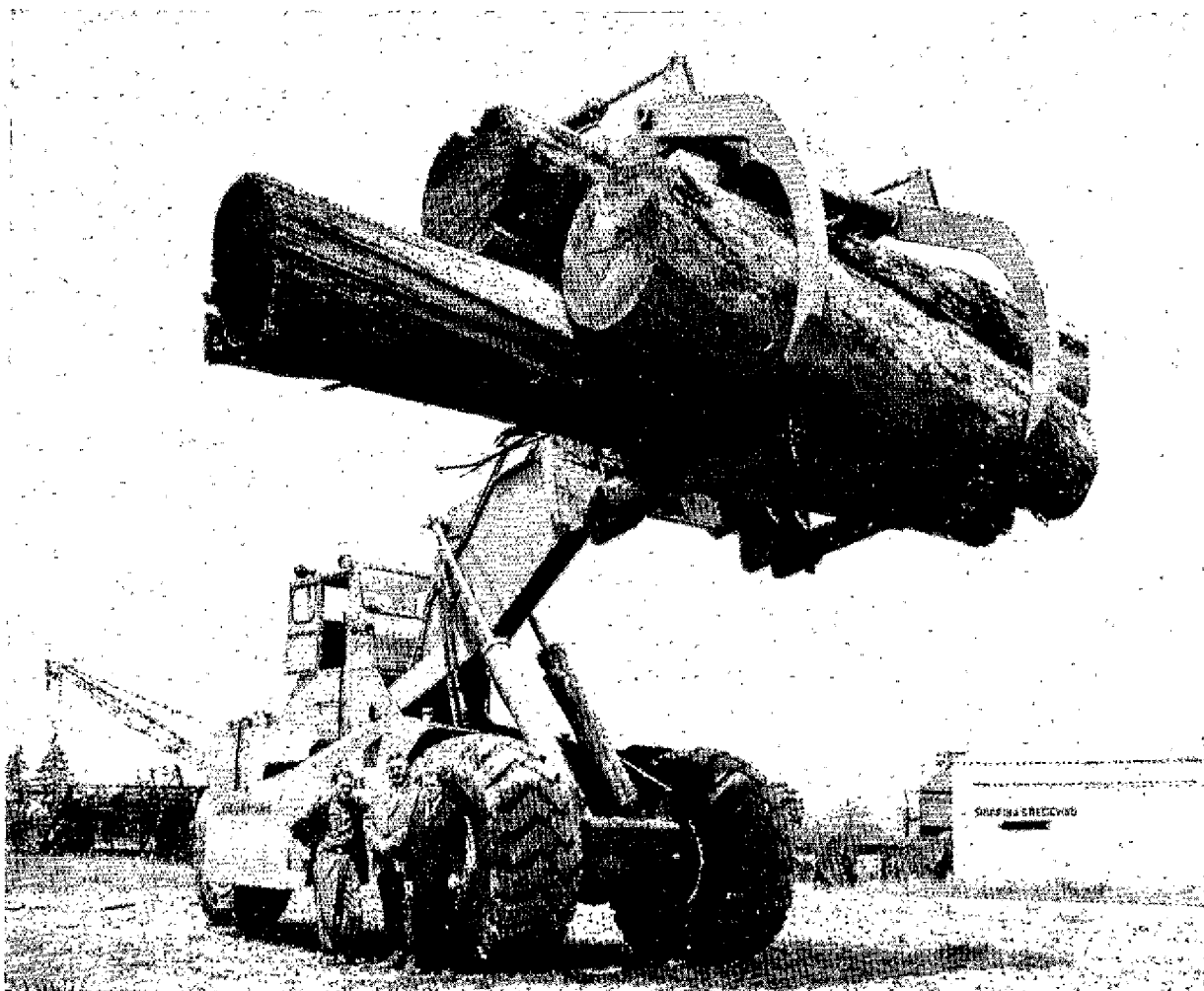


Photo Wagner.

*Lumber Jack L. J. 3-70 de Wagner Tractor Inc.  
Capacité de levage et de transport de 31 à 32 tonnes. Pneus avant 33,5 x 33, PR 38, dessin type « Roc ».*

L'air, en effet, se dilate quand il est chauffé et la pression augmente avec la température. Si on dégonfle un pneu qui est trop chaud il s'écrase un peu plus : les frictions internes se trouvent accrues d'où nouvelles sources de chaleur, entraînant une nouvelle augmentation de la pression et ainsi de suite. A la fin de la journée, quand le

pneu se refroidit, l'air reprend sa pression normale et on s'aperçoit alors que le gonflage est trop faible. Quand un pneu semble trop chaud le mieux est d'attendre, pour vérifier sa pression, qu'il se refroidisse et de rétablir alors le gonflage optimum. On constatera alors, quand le travail aura repris, que la pression et la température se stabilisent d'elles-mêmes.

### III. — ENTRETIEN ET CONSERVATION DES PNEUS

--- **Fuites :** Si on constate une **fuite légère** qui amène une chute de pression de l'ordre de quelques centaines de grammes par jour, il ne faut pas se contenter de regonfler. Il faut trouver l'origine de la fuite et la supprimer. En effet, un trou minuscule causé par un objet pointu, peut à la longue

s'agrandir en un trou important ; bouché à temps, il restera sans conséquence.

— **Valve :** Faute de remettre en place le cha peau de valve, la boue et la poussière rentrent et compromettent l'étanchéité de la valve, si elles ne la détériorent pas.



--- **Emplâtres** : L'emploi d'emplâtres n'est recommandable que dans deux cas seulement :

— comme dépannage en attendant la pose d'une pièce vulcanisée,

— pour prolonger la vie d'un pneu hors d'usage.

Dans tous les autres cas, l'usage d'emplâtre est à prohiber : avec les efforts importants que subissent les pneus de génie civil, les emplâtres ne peuvent que détériorer les toiles de l'enveloppe.

— **Rechapage** : On ne peut envisager un rechapage que si la carcasse du pneu est en bon état : on peut alors obtenir une enveloppe presque neuve pour la moitié du prix d'un pneu neuf. Mais si le pneu date de 4 ou 5 ans ou s'il présente des coupures profondes vulcanisées, un rechapage n'est pas payant. Une surface d'usure neuve ne peut être remplacée que sur une bonne carcasse.

— **Stockage des pneus** : Le mieux est de les conserver à l'abri dans un endroit frais, sombre et sec. S'il est impossible de les conserver sous un toit, on peut stocker les pneus dehors à condition de les

recouvrir de bâches imperméables. Il est essentiel que l'eau et les moisissures ne puissent pénétrer à l'intérieur des pneus. Lorsqu'on doit les entreposer dans un endroit humide où la moisissure est à craindre, une bonne solution consiste à monter les pneus sur jantes et à les gonfler à moitié de leur pression de fonctionnement, puis à les recouvrir d'une bâche.

Il faut stocker les pneus loin d'appareils électriques tels que des moteurs ou des disjoncteurs : ce sont des sources d'ozone, gaz qui a des effets destructeurs sur la gomme. Il faut les conserver également aussi loin que possible des carburants et des lubrifiants. Ces produits à l'état de liquide ou de vapeur sont absorbés par la gomme et la détériorent peu à peu.

Les pneus sans chambre (« Tubeless ») doivent être conservés en position verticale. En effet, lorsqu'ils sont stockés à plat, ils s'aplatissent : leurs talons se trouvent trop rapprochés et il devient difficile d'effectuer le premier gonflage lors de leur mise en place sur la jante.

#### IV. — CONDITIONS D'EMPLOI DES PNEUS DE GÉNIE CIVIL

L'utilisation des engins de génie civil et, par suite, de leurs pneus, évolue constamment depuis plusieurs années. Non seulement on a vu s'accroître la capacité de charge des véhicules et, par suite, la dimension et le nombre de plis de leurs pneus, mais aussi la puissance de leur moteur, leur vitesse et leur rayon d'utilisation.

L'augmentation de l'allure des engins et de la distance pendant laquelle celle-ci est maintenue, à vide ou en charge, a des conséquences rapidement importantes sur la tenue des pneus. Le nombre élevé des nappes ou plis et la forte épaisseur de leur bande de roulement sont à l'origine de frottements et d'échauffements dont l'importance augmente rapidement.

On connaît bien le rôle destructeur de la longueur des étapes et de la vitesse, mais on connaît peu la sensibilité du pneu à des variations relativement très faibles de ces facteurs.

En Génie Civil un parcours en charge égal ou inférieur à 2 km 500 est considéré comme un faible parcours. Entre 2 km 500 et 4 km le parcours peut être qualifié de moyen, mais s'il dépasse 4 km c'est déjà un long parcours. Ces faibles variations peuvent en effet avoir des conséquences importantes sur la température finalement atteinte par le pneu : si les pneus d'un engin donné utilisés en charge sur un parcours de 4 km ont leur température qui



Pneu type "Dumper" sur labou-  
rier LDU.

Photo Lepitre.

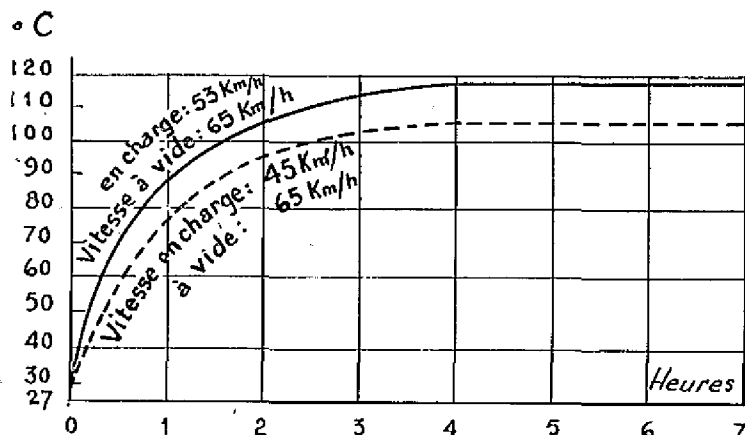


FIG. 5. — Exemple d'effet de la vitesse sur la température des pneus (distance de transport constante : 6,5 km, charge constante).

En abscisse : heures de travail consécutif.  
En ordonnée : température en degrés centigrades.  
(Extrait de Society of Automotive Engineers).

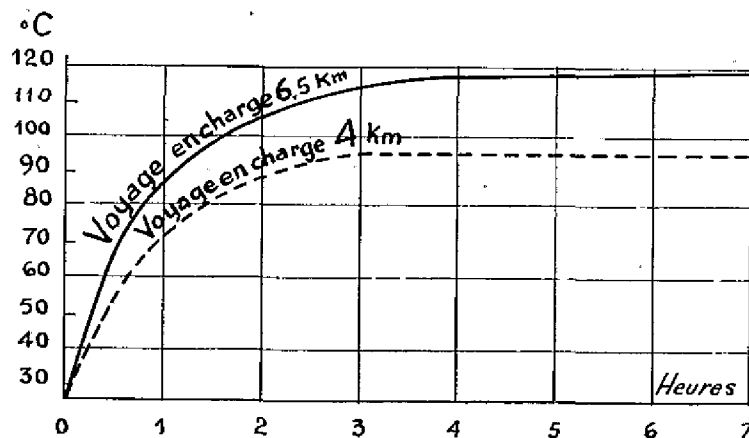


FIG. 6. — Exemple de l'action de la distance de transport sur la température des pneus (vitesse constante ; en charge 53 km/h, à vide 65 km/h ; charge constante). Signification des abscisses et ordonnées cf. fig. 5.

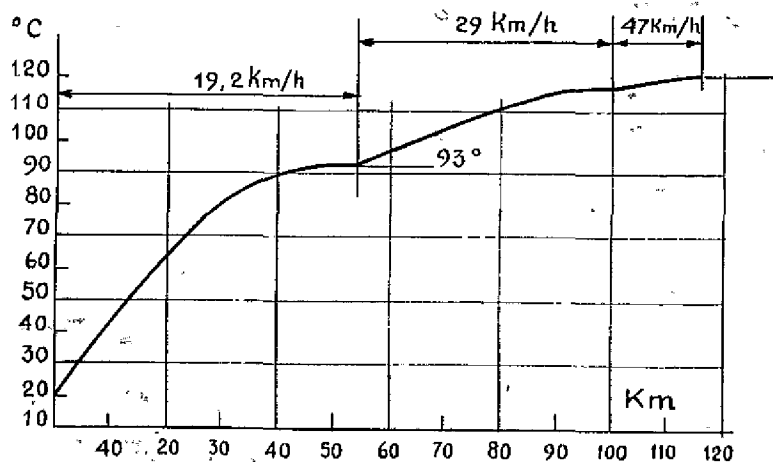


FIG. 7. — Exemple d'effet de la vitesse en travail continu. La charge reste constante. La distance parcourue est exprimée en abscisse en kilomètres. La vitesse de l'engin augmente de 19,2 à 47 km/h.

plafonne aux environs de 100°, on constate que cette température d'équilibre monte aux environs de 115° si le lieu de déchargement s'éloigne jusqu'à 6 km 500. Or, aux environs des températures critiques, 15° de plus ou de moins peut être très important : la résistance de la gomme au décolage diminue très vite.

De même une augmentation de la vitesse d'emploi de l'engin, peut faire monter très vite la température des pneus. Des variations apparemment peu importantes, pour qui pense à un camion ordinaire ou à une voiture de tourisme, peuvent avoir des conséquences catastrophiques. Ainsi, avec une charge déterminée, l'utilisation d'un engin à 20 km/h conduit à une température des pneus de l'ordre de 90-95°, cette dernière peut atteindre 115° si la vitesse passe seulement à 30 km/h.

Les répercussions de la longueur du parcours et de la vitesse sont si importantes sur les gros pneus que, même dans les déplacements à vide des engins sur grandes distances, on recommande de prendre des précautions pour éviter des accidents aux enveloppes :

— surgonfler légèrement (25 % maximum)

— limiter la longueur des étapes et la vitesse à 30 km/h

— prévoir des arrêts obligatoires (30 minutes tous les 80 km) pour permettre aux pneus de se refroidir.

On trouvera, au tableau II, dans le cas d'enveloppes textiles, les charges maxima par pneu et les pressions correspondantes à observer dans le cas de travail sur longues distances

Les graphiques des figures 5, 6 et 7, extraits de publications FIRESTONE, mettent en évidence l'importance sur la température des pneus de génie civil des variations de charge, de vitesse et de parcours. Elles sont valables pour des pneus à nappes en textile ou en nylon.

Les pneus Michelin génie civil type X, dont la gamme s'accroît de jour en jour, ont une armature faite d'une

seule nappe de câbles métalliques à fil droit, se substituant à un empilage de nombreuses nappes textiles. Ils supportent donc mieux les vitesses élevées et les longs parcours. Mais ils ne dispensent pas pour autant d'une étude soignée de

leurs conditions d'emploi et de leurs variations éventuelles (1).

(1) Voir information technique sur le pneu « X » Michelin à la rubrique Information sur le Matériel \* page 71 du présent numéro.

TABLEAU II. — CHARGE MAXI ET PRESSION POUR PNEUS GÉNIE CIVIL TEXTILES  
dans le cas de déplacement d'engins sur TRÈS LONGS PARCOURS

Publié par : FIELD ENGINEERING DIVISION -- THE FIRESTONE TIRE AND RUBBER CO

Dimension	Ply	Pression en fonction de la charge										
		1,750	2,100	2,500	2,800	3,200	3,500	3,900	4,200	4,600	4,900	5,250
14.00 x 24	20	2.140	2.390	2.610	2.820	3.015	3.210	3.400	3.580	3.750	3.915	4.075
16.00 x 24/25	24	2.810	3.120	3.420	3.690	3.960	4.220	4.475	4.680	4.910	5.130	5.360
18.00 x 24/25	20	3.650	4.070	4.450	4.820	5.150	5.480	5.800				
" " "	24	3.650	4.070	4.450	4.820	5.150	5.480	5.800	6.100	6.400		
21.00 x 24/25	20	4.670	5.180	5.680	6.150	6.575	6.780					
" " "	24	4.670	5.180	5.680	6.150	6.575	6.780	7.400	7.800			
24.00 x 25	24	5.770	6.430	7.020	7.600	8.150	8.650					
24.00 x 29	24	6.220	6.930	7.570	8.200	8.780	9.350					
27.00 x 33	30	8.650	9.630	10.530	11.390	12.200	12.900	13.750				
26.5 x 25	20	4.770	5.310	5.800	6.270							
" " "	24	4.770	5.310	5.800	6.270	6.750	7.160					
29.5 x 25	28	5.860	6.540	7.160	7.730	8.300						
29.5 x 29	22	6.350	7.050	7.750	8.370							
" " "	28	6.350	7.050	7.750	8.370	8.960	9.520					

TABLEAU III

Caractéristiques du travail du pneu	Coefficient
1) <i>Emplacement de la roue :</i>	
— roue folle, simplement porteuse .....	100 %
— roue motrice (sauf scraper automoteur) .....	75 %
— roue motrice de scraper automoteur .....	60 %
2) <i>Vitesse de déplacement de l'engin :</i>	
— Maximum 16 km/h (10 miles/h) .....	100 %
— " 32 " (20 miles/h) .....	80 %
— " 48 " (30 miles/h) .....	60 %
— Vitesse maximum dépassant 48 km/h .....	50 % ou moins
3) <i>Distance de transport :</i>	
— Moins de 1,6 km (1 mile) .....	100 %
— 1,6 à 4 km (1 à 2,5 miles) .....	90 %
— Plus de 4 km (2,5 miles) .....	80 % ou moins
4) <i>Charge de la roue (ou de l'essieu) :</i>	
— Charge correspondant aux données du constructeur pour le pneu considéré .....	100 %
— Surcharge 10 % .....	85 %
— " 20 % .....	70 %
— " 30 % .....	60 %
— " 40 % .....	50 %
— " 50 % .....	40 %
5) <i>Nature de la piste sur laquelle circule l'engin :</i>	
— Terre fine .....	100 %
— Sol contenant des cailloux .....	90 %
— Pierres à angles vifs ; conditions difficiles .....	70 %
6) <i>Gonflage :</i>	
— Pression correspondant pour la charge aux recommandations du fabricant .....	100 %
— Pneu dégonflé à 10 % .....	90 %
— " " à 20 % .....	75 %
— " " à 30 % .....	50 %
7) <i>Entretien général et qualité de la conduite :</i>	
— Excellents .....	100 %
— Moyens .....	85 %
— Mauvais .....	70 %

## V. — TENUE DES PNEUMATIQUES

La durée de vie des pneus dépend de nombreux facteurs tels que le type de travail effectué, la charge, la vitesse, le gonflage. Par exemple, la technique employée pour charger un scraper peut faire varier cette durée du simple au double sinon plus.

Nous indiquerons la méthode préconisée par FIRESTONE et LETOURNEAU WESTINGHOUSE pour apprécier le comportement et la durée des pneus en fonction du service qui leur est demandé. Ces indications sont valables pour le matériel de type travaux publics à pneus géants et à faible vitesse de déplacement. Cette méthode a pu être mise au point grâce à l'analyse des résultats obtenus avec des matériels en service courant.

Dans les conditions les plus favorables, pour les pneus montés sur les roues qui fatiguent le moins avec une vitesse maximum de 16 km/h (10 miles) on peut attendre d'un pneu une tenue de 5 000 heures en moyenne. Ce chiffre correspond à une tenue idéale; pour calculer ce qu'on peut espérer d'un pneu dans un cas pratique, il suffit de multiplier ce chiffre par des coefficients correspondant aux caractéristiques du travail à effectuer (Tableau III, p. 41).

On trouvera au tableau IV deux exemples d'application de ces coefficients, l'un concernant un travail où les conditions d'emploi sont bonnes et l'autre où le traitement subi par les pneus est plus dur.

TABLEAU IV

Conditions favorables	Conditions pénibles
Vie idéale des pneus : 5.000 heures	
1) Roues motrices : $5.000 \times 75 \% = 3.750 \text{ h}$	Roues motrices $5.000 \times 75 \% = 3.750 \text{ h}$
2) Vitesse max. 32 km/h : $3.750 \times 80 \% = 3.000 \text{ h}$	Vitesse max. 32 km/h : $3.750 \times 80 \% = 3.000 \text{ h}$
3) Transport sur 500 m : $3.000 \times 100 \% = 3.000 \text{ h}$	Transport sur 10 km : $3.000 \times 70 \% = 2.100 \text{ h}$ (le tableau dit 80 % ou moins)
4) Surcharge 10 % : $3.000 \times 85 \% = 2.550 \text{ h}$	Surcharge 20 % : $2.100 \times 70 \% = 1.470 \text{ h}$
5) Sol avec cailloux : $2.550 \times 90 \% = 2.300 \text{ h}$	Sol en terre fine, mais quelques souches : $1.470 \times 90 \% = 1.320 \text{ h}$
6) Gonflage correct : $2.300 \times 100 \% = 2.300 \text{ h}$	Gonflage insuffisant manque 10 % : $1.320 \times 90 \% = 1.190 \text{ h}$
7) Entretien excellent $2.300 \times 100 \% = 2.300 \text{ h}$	Entretien moyen : $1.190 \times 85 \% = 1.000 \text{ h}$
Tenue du pneu à prévoir : 2.300 h	Tenue du pneu à prévoir : 1.000 h

Ces exemples purement indicatifs montrent la méthode de calcul employée et l'importance que le constructeur attache aux différents facteurs d'usure.

### BIBLIOGRAPHIE.

- BRITISH COLUMBIA LUMBERMAN, fév. 1960. — « The Care and Feeding of Tires » par Letourneau Westinghouse.
- Documentation MICHELIN. — « Roulage dans les régions désertiques et le pneu « X ».
- LETOURNEAU WESTINGHOUSE. — « The Cooperator », mai 1959.

